

# 海洋調查的發展和現狀\*

管秉賢 鄭義芳 任允武 甘子鈞

(中国科学院海洋研究所)

## РАЗВИТИЕ ОКЕАНОГРАФИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ СОСТОЯНИЕ В НАСТОЯЩЕЕ ВРЕМЯ

Гуань Бин-сянь, Чжэн И-фан, Жэнь Юнь-у и Гань Цзы-цзюнь  
(Институт океанологии АН КНР)

海洋調查是發展海洋科學的基礎，而海洋調查本身又是隨着實踐的需要及其他科學技術水平的提高而發展起來的。海洋調查內容非常廣泛(包括海洋物理學、化學、生物學和地質學)，本文僅就海洋物理學方面概述了海洋調查的發展和現狀。

### 一、海洋調查簡史

專門性的海洋調查是在十九世紀初期才出現的。其中應該特別提到的是，俄國物理學家 Э. Х. Лецц 在“Предприятие”(“事業”)號環球航行(1823—1826)中所進行的水溫和比重觀測，在海洋學史上更有其重要的意義<sup>[1]</sup>。但是，第一次包括海洋物理、化學、生物和地質這四方面的綜合調查，則是在十九世紀七十年代由英國的“Challenger”號(1872—1876)進行的；調查區域遍及太平洋、大西洋、印度洋三大洋。這次調查，為海洋學提供了第一批系統的科学資料。

繼“Challenger”號調查之後，在十九世紀末至二十世紀初期間內，相繼出現了大約 20 多次的專門性海洋調查；調查區域由中、低緯度直到南、北高緯度海區。

進入二十世紀以後，海洋調查出現了新的特點，即當時除了繼續完成地理學的調查以外，還開展了海洋物理學某些專業項目的調查研究，如 1906—1907 年間德國的“Planet”號在大西洋的調查，已使用立體攝影進行波浪觀測，即為一例。

在第一次世界大戰結束後的二十年代間，海洋調查有了蓬勃的發展。著名的如“Maud”號(挪威，1918—1920)；“Dana”號(丹麥，1921—1922, 1928—1930)，“Discovery”號(英國，1925—1927)，“Meteor”號(德國，1925—1927)等調查船相繼出現。1921 年，蘇聯也在列寧親筆簽署的指令下，建立了海上科學研究所，展開了大規模的近海調查。

其中應該特別指出的是“Meteor”號的調查。這次調查，從準備階段起，到調查研究報

\* 本文曾於 1961 年 12 月在全國海洋學術會議上宣讀過；本文是在毛漢禮先生的熱心指導和幫助下完成的，並承赫崇本先生及山東海洋學院水文氣象系的幾位同志對本文原稿提出了許多寶貴意見，並此致以衷心的謝意。

告与专著的写成,都作了周密的计划与布置,迄今仍被公认为海洋调查中的典范;其所获资料,质量甚高,亦为举世所公认。

在三十年代,除了国际间举行了极地年(1932—1933)调查外,主要还有“Atlantis”号(美国,1931—1934)、“Discovery II”号(英国,1931—1939)、“Meteor”号(德国,1933、1935、1937—1940)等的调查<sup>[25]</sup>。在此期内,日本也在日本海、我国黄海、东海及太平洋日本沿岸进行了大规模的定期调查,前后共出动了近 50 艘船只。

在第二次世界大战期间,大规模的海洋调查终止了,但在战后却以惊人的速度重新发展起来。

在四十年代,海洋调查已不满足于一般性的水文观测,为了探索海洋现象及其过程的本质,新的、以现代化仪器装备起来的调查船相继出现在各大洋上。1946 年美国有 5 艘潜水艇在白令海和楚科奇海进行调查,并继苏联“北极”浮冰站(1937—1938)之后,设立北冰洋浮冰站。1947—1948 年瑞典“Albatross”号进行了环球综合海洋调查。1948 年,苏联“Витязь”(“勇士”)号——目前世界上最大的调查船之一,开始进行大洋调查。在 1949—1959 这十年内,“勇士”号完成了远东诸海和太平洋西北部系统而又深入的综合性调查。

五十年代,海洋调查的发展更为迅速。在此期间,曾进行了多次著名的调查。其中,在太平洋有:丹麦的“Galathea”号(1950—1952),英国的“Challenger II”号(1950—1952),和美国、日本、加拿大在北太平洋的联合调查(“NORPAC”, 1954、1955、1956)<sup>[47]</sup>。同时,日本在其沿岸诸海(东海 124°—125°E 以东海区及本州南方、东方海)连续进行冬夏两季的定期观测。在太平洋西岸有美国加利福尼亚大学 Scripps 海洋研究所沙丁渔场(1952—1953)的经常性海洋调查,连续在同一海区,进行了好多年。在大西洋有:丹麦的“Dana”号。此外,苏联的万吨级巨轮“Обь”(“鄂毕”)号和英国的“Discovery II”号也在南极海区进行了大规模的调查。

根据 Bruns<sup>[32]</sup> 的统计,自 1734—1955 这二百余年间,先后共有过 305 次规模较大的海洋调查,如表 1 所示。

表 1 1734—1955 年间海洋调查次数统计表(摘自 Bruns, 1958)

国 别	调查次数	占总调查次数的百分比	国 别	调查次数	占总调查次数的百分比
1 俄国、苏联	76	24.9	11 加拿大	5	1.6
2 英国	60	20.0	12 荷兰	3	1.0
3 美国	45	14.7	13 摩洛哥	3	1.0
4 德国	37	12.1	14 比利时	3	1.0
5 法国	20	6.5	15 意大利	3	1.0
6 挪威	17	5.6	16 芬兰	2	0.7
7 丹麦	9	2.9	17 埃及	1	0.3
8 瑞典	8	2.6	18 阿根廷	1	0.3
9 奥匈帝国	6	1.9	19 澳大利亚	1	0.3
10 日本	5	1.6	总 计	305	100.0

在最近一次(第三次)国际地球物理年(1957 年 7 月—1958 年 12 月)间所进行的海洋调查,共有 17 个国家参加,调查船总数达 70 多艘,其中有不少调查船拥有最新型的仪器,

可以說是一次世界性的海洋科學技術水平的大檢閱。調查範圍遍及三大洋和兩極海區，並以北大西洋、北太平洋、印度洋和南極海區為重點。在這次國際性的海洋調查中，蘇聯承擔的任務達全部計劃的一半以上<sup>[7]</sup>。蘇聯為了參加這次調查，還專門建造了一艘無磁性的調查船“Заря”（“曙光”）號。此外，1958年8月，蘇、美、英、法、日等13個國家還在莫斯科簽訂了國際地球物理合作計劃，決定在1960—1964年間，以20多條調查船共同進行印度洋的大規模調查<sup>[21]</sup>。

根據我們目前不完全的統計，現在世界上共有調查船約百余艘（見表2），臨時裝備的調查船尚未計算在內。由於進一步認識到海洋調查工作的重要性，有迹象表明，今後各國還將興建數量更多、性能更好及儀器裝置更現代化的調查船。例如，美國在其“海洋學十年發展規劃（1960—1970）”<sup>[24]</sup>中規定，在此期間，供漁業、海岸及大地測量局、海軍及海洋科學研究機構用的海洋調查船，將由現有的40艘增至85艘（其中將有70艘是新建的）。其中，專供海洋研究機構用的調查船即達18艘，內2,000噸以上的5艘。在蘇聯的發展計劃中，僅專供海洋物理學調查研究用的，即將興建5,000噸的兩艘。根據這些已公佈的計劃，就可以看到，在60年代，海洋調查將以“一日千里”之勢向前發展。

表2 1956—1961年間各國擁有的海洋調查船統計表

國名	項目	調查船數目	北極浮冰站	浮標站	潛水艇
蘇聯		39	9	3	1
美國		40	4		4
日本		22			
英國		11			
法國		14			1
其他國家		32			
總計		158	13	3	6

## 二、調查方法的改進

海洋調查的發展過程，除了調查船本身數量和質量上的發展以外，在很大程度上也就是調查方法和儀器裝備的發展過程。

在十九世紀末期，海洋調查僅限於以一艘調查船（單船）對世界大洋進行探索調查；到本世紀二十年代，則轉入了有系統的大面[積]調查，以及定點的連續觀測。第二次世界大戰結束後，隨着調查要求的提高及新儀器的出現，逐漸出現了聯合多船相繼重復地對某些海區進行系統調查、多船同步觀測以及其他類型的調查方法。

目前採用的海洋調查，大體上可以分成下列四種類型<sup>[5]</sup>：

(1) 大面(或斷面)定點調查 這是一種早期就採用的調查方法。其特點是調查路線和測點分布，都是事先規定好的，可以進行單一斷面的調查，也可以調查多個斷面形成大面調查。而後一種情況又是最常見的。“Meteor”號在南大西洋的早期調查，最初十年（1931—1939）的灣流調查，近年美國西岸的海洋調查，以及1957—1959年的國際地球物理年海洋調查幾乎均屬這種類型。通過這種調查，可以搞清調查海區的基本情況，亦即獲得海洋要素分布的“氣候或平均”的圖案。

(2) 机动性的調查 随着 BT (温度-深度仪) 在海洋調查中的广泛应用, 出现了这种新的調查方法。这种方法的优点, 不仅在于能够取得某种要素(如水温)随深度变化的連續曲綫, 而更在于能在船只全速航行中使用这种仪器, 并且可以随时改变調查路綫, 以便觀測需要探明的現象。1946—1950 年間多次橫貫湾流断面的 BT 資料<sup>[53]</sup>, 即是采用这种方法取得的。通过这种調查, 主要是可以获得某一海流及其热结构的三維图案, 也就是說, 可以获得有关的“微观”结构的图案。

(3) 多船同步觀測 1950 年那次称为“Operation Cabot”的湾流多船同步觀測<sup>[44]</sup>, 是另一种类型的調查方法。它的优点, 在于可以获得海洋要素分布的“天气”式或“准天气”式的图案, 对深入了解海洋現象的本質, 以及諸現象在時間和空間上的相互联系具有很大的优越性。对于海洋要素的時間变化(如逐日变化)比較显著的近岸浅海区域, 这种調查方法, 更有其重要意义。

(4) 两船同步觀測 1952 年“Bear”和“Caryn”号合作的湾流調查<sup>[42]</sup>, 即为一例。两船同步觀測的方式一般是: 以一艘船利用 BT 迅速进行水温(或其他水文要素)的断面觀測(此船称为“僚船”), 而另一艘則进行水文和海流的連續觀測(此船称为“主船”)。这种調查方式至少需要有两艘船, 其中之一要求航速較高, 并且两船間距离不宜过远, 否則便起不了同步的作用。

應該指出, 上述四种类型的調查方法, 各具特点, 并随着調查任务与觀測項目的不同, 都有其不同的适应性, 因此, 有时也可以相互結合地进行。此外, 随着仪器装备的发展, 也有用浮标站、自动記錄遙測站等来代替船舶觀測的。例如, 最近几年內苏联“勇士”号在太平洋的調查<sup>[29]</sup>, 就是使用这种自动記錄站和船舶觀測結合进行的, 而且获得了有成效的經驗。

另一方面, 从調查的內容来看, 海洋調查又可分为綜合性調查和专业性調查两类。随着海洋科学的发展, 綜合調查的項目也愈来愈多, 专业也愈分愈細。最近一次国际地球物理年所进行的海洋調查, 調查項目由早期的物理、化学、地質和生物四部分而增至海洋气象、太阳輻射、高空气象、海洋水文、海水化学、海洋物理、地球物理、海洋地質、海洋地理及水生生物等十个部分。这也是海洋調查向縱深方向发展的一个标志。

### 三、海洋仪器的进展

近年来, 海洋調查所以取得了巨大的成就, 是与觀測仪器的迅速发展分不开的。作为海洋調查和研究的“先行”, 现代化的海洋仪器, 主要是沿着連續自記(特別是在航行中的連續自記)和运动測量等方向发展的。同时, 为了揭开大洋深层的秘密, 深海觀測仪器的研究, 也是近年海洋仪器发展的一个新方向。现将海洋物理方面的几种主要仪器的发展情况簡述如下:

(1) 測温仪器 自从 1878 年 Negretti 和 Zambra 发明了顛倒温度表<sup>[26]</sup>, 迄今 80 多年来, 由于其准确度高、使用方便、性能也比較稳定, 因此, 仍一直是海洋觀測的标准仪器。温度深度仪(BT)<sup>[57]</sup>的发明<sup>1)</sup>, 在海洋仪器史上有着划时代的意义。这种仪器克服了顛倒

1) 按照 Снеженский (1954) 的意見, 认为 BT 是 1930 年 Ритар 公司根据 Берж 教授的意見首先制造的。

溫度表必須停船才能使用的缺點，可以在航行中方便地將某一測站水溫隨深度的變化曲綫記錄下來，準確度一般達到  $0.1^{\circ}\text{C}$ 。最近 Hubbard 和 Richard 又設計成功了一種等溫記錄儀 (Contour Temperature Recorder—CTR)<sup>[33]</sup>，首次應用於“Chain”號的調查。CTR 可以連續記錄下整個航綫斷面上等溫綫的垂直結構，因此，又比 BT 前進了一大步。

此外，還應提到輻射測溫儀和電子溫深儀這兩種新型儀器。輻射測溫儀<sup>[58]</sup>可以在飛機上從 1,000 呎高空測定表層水溫，雖然準確度較差（一般約  $\pm 1^{\circ}\text{F}$ ），但可以快速地測出水團邊界的“瞬時”圖案，具有很大的實用意義，目前已在灣流的研究中發揮了作用。電子溫深儀 (Эбтз-59)<sup>[30]</sup>除了具有與 BT 相似的優點外，還能在航行中記錄表層水溫，準確度一般可達  $\pm 0.1^{\circ}\text{C}$ 。

(2) 測流儀器 最近十幾年來，出現了許多新型的測流儀器，其中式樣較多、應用較廣的是旋漿和旋杯型海流計。這方面，可以舉出三種具有代表性的型式。第一種是在我國海洋調查中應用最廣的 Ekman 型海流計<sup>[39,40]</sup>。第二種是印刷自記海流計 (БПВ)，其優點是記錄比較準確，連續記錄時間很長（觀測記錄最長達 57 天），可測深度很大（最深可達 3,000 米）。第三種是英制勞伯特 [電報] 海流計，它的優點是除了可以在船上或浮筒上進行自記以外，還可以在 20 哩範圍內進行遙測。

1948 年電磁海流計 (G. E. K.)<sup>[31]</sup>的試制成功，是現代海洋調查史上的一件大事。這種儀器可以在船隻航行中測定表層流。在最近國際地球物理年的調查中得到了廣泛的應用。流速深度記錄儀 (Bathypitometer)<sup>[53]</sup>是另一種新型的測流儀器。這種儀器可以記錄一個測站的水溫、海流隨深度變化的垂直結構。

此外，還有應用聲標浮筒測定深層流的儀器<sup>[64-66]</sup>，灣流在 3,200 米深層存在有強大逆流這一事實，就是用這種儀器發現的。近年來，又出現了利用放射性同位素  $\text{P}^{32}$  來測定表層流<sup>[51]</sup>和利用  $\text{C}^{14}$  來測定大洋環流的新方法。這些測流方法，精確度相當高，操作也簡便，可以說給海流研究工作開辟了一條新的道路。

(3) 測鹽儀器 迄今，應用硝酸銀滴定法來測定鹽度<sup>[41]</sup>仍然是海洋學上的標準方法。但是，這種方法的操作繁復，尤其是在船隻航行中很難準確地進行滴定，人們早就想用別的方法來代替。1923 年，Wenner 曾設計了電測鹽度法<sup>[56]</sup>，並用於“Carnegie”號調查船上。1932 年，蘇聯 В. В. Шулейкин 院士第一次制成了自記電測鹽度計 (Электрический Галинограф) 並用於“Таймыр”號調查船上<sup>[26]</sup>。1958 年，蘇聯科學院海洋水文物理研究所的黑海試驗站還應用了電導鹽度測量儀（這種儀器的精確度超過  $0.04\%$ ），以及測量水樣鹽度的光學干涉儀<sup>[28]</sup>。近年來，蘇聯和美國都已制成了溫度、鹽度、深度記錄儀 (B. S. T.)<sup>[49]</sup>，可以在航行中繪出一個測站的溫、鹽垂直結構。毫無疑問，這種方法將來推廣應用之後，海洋調查和研究必將出現一個新的面貌。

(4) 測波、驗潮儀器 近年來，在岸邊波浪自記儀、船用波浪自記儀 (ГМ-16)<sup>[9]</sup>和利航空攝影觀測波浪的裝置等方面均有所改進。

最近 Snodgrass 等 (1958) 又設計制成了一種能在海面以下 100 米或更深處測量振幅為幾個毫米的低頻 ( $0.1 \times 10^{-3}$ — $10 \times 10^{-3}$  赫) 波浪自記儀，還借助於高速計算機，能在船上進行頻譜分析。

驗潮儀器近年來沒有多大的進展。除了岸用驗潮儀有了一定的改進以外，又制成幾

种型式的公海驗潮仪<sup>[26]</sup>和船用簡便潮汐计算机。

(5) 水声仪器 水声仪器近年来有了突飞猛进的发展。苏、美等国已拥有测定水声传播、吸收、散射和混响等的整套仪器。可惜有关这方面的詳情我們所知甚少。現代声速計的精度很高,例如美制“Daystrom”深海声速計<sup>[33]</sup>可測深度达 16,000 呎,而准确到 1/15000。此外,海洋生物声学仪器的研究工作,近年来也发展得很快。苏联已拥有多种海洋动物的录音片,美国也已制成了能記錄数十种海洋动物发声的驗声装置<sup>[8]</sup>。

(6) 水光学仪器 現代的海水光学仪器大体上有两种类型。一种用光电元件制成,另一种利用各种透鏡制成。自 1923 年 Н. Н. Калигин 首次用光电元件測定透明度<sup>[26]</sup>以来,海水光学仪器开始有了很大的发展。目前除已制成一整套較好的測定海水对光綫的吸收、散射和消光系数的光电仪器以外,苏联最近还制成了可測深度达 500 米的微光光度仪和可在船上實驗室中測定任何深层水样的分光海水混浊度計 (ИФ-25 型)<sup>[13]</sup>。美国也制成了用以測定海水中悬浮物含量的自記混浊計<sup>[33]</sup>。

(7) 其他方面的海洋仪器,近来也取得了很大的成就。例如,苏联已制成了一种涡动計 (TM-7)<sup>[14]</sup>,曾在“鄂毕”号調查中試用,結果良好。至于水文气象遙測站的設計和制造工作,則目前各国都在进行。其中美国放置在墨西哥湾的遙測站,对災害性天气預报已起了很好的作用。此外,有关潛水海洋学方面的仪器,也日新月异,瑞士深海探险家奥里斯特·比卡尔設計的乘人深潛水船“的里雅斯特”号,曾于 1960 年 1 月潛入了世界最深的海沟(11,000 多米)之底<sup>[2]</sup>。

如上所述,近年来海洋仪器有了蓬勃的发展,但是与摆在海洋科学面前的实际任务,例如,解决水下艦队的長時間航行、原子污染物的排除、水下資源的利用等重大任务相比,还是远远不能适应的。为此,苏联已把海洋仪器的制造,納入国家計劃<sup>[16]</sup>;美国在发展海洋学的十年計劃中,也把海洋仪器的制造放在首要位置,并提出了十年研究工作的重大項目和提高仪器精确度的指标<sup>[24]</sup>。由此可见,海洋仪器今后必将以更惊人的速度向前发展,这完全是可以預期的。

#### 四、海洋調查的主要成果

通过历次的海洋調查,已經积累了大量的科学資料,同时,还先后陆續发表了有关各次調查的科学报告。根据苏联国立海洋研究所的統計<sup>[12]</sup>,目前經過整理的海洋深水測站的記錄在大西洋的約有 4 万多个,在太平洋的約有 1 万 7 千多个以上,在印度洋的約有 3 千多个。其中,特别是早期的“Challenger”,“Meteor”,“Carnegie”,“Discovery”,“Snellius”,“Dana”及近年的苏联“勇士”号,“鄂毕”号,“罗蒙諾索夫”号等的調查資料和报告,更是著称,举世公認为是海洋科学上的极为珍貴的文献。

在这些調查报告所提供資料的基础上,最近又出版了一批包括全世界或整个大洋水域的图集和資料。其中著称的有:“海洋大图集”(Морской Атлас, Т. II)<sup>[20]</sup>、“太平洋水文基本特征”<sup>[22]</sup>、“印度洋水文基本特征”<sup>[23]</sup>等。美国最近根据国际地球物理年的資料,出版了“大西洋海洋图集”<sup>[43]</sup>。这些資料和图集,可說是集各次調查的大成,給世界各大洋作了一个概括和总结。现将有关各大洋的主要成果,摘要簡述如下:

1. 太平洋 在太平洋水文情况的早期研究成果中,首先應該提到 Wüst 与 Schott 的

貢獻。Wüst<sup>[71]</sup>進行了太平洋深層水和深層環流的研究，提出了太平洋深層環流圖和有關各種海水形成地區的看法，迄今仍被公認為海洋學上經典圖幅之一。由於以後各次調查的補充，他的結論雖有了一些修改，但基本上仍然是正確的。Schott 的“太平洋和印度洋的地理學”<sup>[55]</sup>一書，也是當時對太平洋研究的總結。

Sverdrup<sup>[61-63]</sup>綜合了當時有關太平洋的調查資料（主要是“Carnegie”號的），對太平洋各層水團作出了比較全面的研究。

在太平洋諸附屬海中，蘇聯對於白令海、鄂霍次克海，日本對日本海的研究是最有成果的。目前，對這些海區的平均情況，已經有了比較詳細的分析<sup>[18]</sup>。

日本學者須田(Suda)、日高(Hidaka)和宇田(Uda)等，對黑潮系統的海況，特別是對黑潮及親潮的分布和變化特徵，作了長期的研究<sup>[3,4,54,60,69,70]</sup>，對開發日本沿岸的漁場有着顯著的實踐意義。近年來，Ichiye<sup>[48]</sup>，Fukuoka<sup>[45]</sup>等進一步研究了黑潮的彎曲和多年變化現象。他們發現：在1918年到1934年間黑潮流經 Shimo 角以後的流型<sup>[67,68]</sup>，和灣流流經 Cape Hatteras 以後的流型相似；但在1935年到1942年間，則在 Shimo 角附近形成了一個巨大的渦旋；與此同時，黑潮本身卻顯得衰弱了，它繞過這一冷水團（渦旋）而北上。自1942年起至五十年代初期，這一渦旋慢慢變弱，黑潮又回復到它原來的狀態<sup>[59]</sup>。而在1953—1955年間，渦旋又趨增強<sup>[6]</sup>，在灣流中還沒有觀測到這種類似的現象。

太平洋赤道區域次表層流(Cromwell Current)的發現與研究，是二十世紀五十年代以來海洋科學上的一件大事。

1951年秋，一條美國漁業調查船在夏威夷以南的赤道區域捕撈時，發現了次表層水穩定地東流這一現象<sup>[52]</sup>。次年，Cromwell 偕 Montgomery 及 Sroup 調查了赤道區域水平流速的垂直分布，確認了這一海流的存在。它是一支位於太平洋赤道區域附近，表層下部與溫躍層上部之間，流速強大（最大可達3節）而流幅狹窄（僅300公里）的海流。幾年後，在 Cromwell 領導下，由 Scripps 海洋研究所進行的太平洋熱帶東部調查又判明了 Cromwell 海流的邊界，東可達 Galapagos 島，在這些島嶼與南美大陸之間，這支海流卻沒有出現。

在國際地球物理年間，蘇聯“勇士”號調查船對太平洋西南部信風帶間的赤道逆流進行了系統的調查<sup>[45]</sup>，發現這一逆流的寬度隨着深度增加而擴展，在表層只跨6—7個緯度，而在500米深層則寬達12個緯度，並且在邊界上有着快速強烈的混合。此外，“勇士”號在太平洋還發現在1,000米左右有流速為10—12厘米/秒的深層流存在；而在沿岸附近，最大深層流速竟可達60—70厘米/秒。在3,000米或更深的水層中，曾發現流速達12厘米/秒的海流<sup>[15]</sup>。在此以前，一直認為深層流是極微弱的，最大也不過3—5厘米/秒而已。因此，這一發現對研究深層環流，有着重要的意義。

近年來，蘇聯在太平洋的測深工作上，也獲得了很大的成果。“勇士”號調查船於1957年8月間測得了世界上最深海溝（馬利安納海溝）的最大深度為11,034米<sup>[10]</sup>，並發現了其他一些新的海溝。不僅如此，“勇士”號還對這些海溝進行了詳細的綜合調查，發現海溝里的海水有着足夠海洋生物需要的溶解氧，它並能自由地傳達到溝底；溝底並無H<sub>2</sub>S及鹽的堆積，而主要為氧化介質所控制。此外，還發現溝底明顯地形成了動物區系。這些現象說明，在海溝內存在着相當強烈的垂直環流，從而否定了過去認為深海大洋之底部是“靜止

深渊”的想法。

2. 大西洋 大西洋是世界大洋中研究得最多的一个区域,尤其是北海和湾流这两个区域的调查,其工作之精细,到目前为止,仍是举世公认的。

根据“Meteor”号的调查资料,Wüst<sup>[72]</sup>及 Defant<sup>[37,38]</sup>等总结了南大西洋的环流概况,其成果迄今仍是这方面的权威著作。

北海区域是西欧的主要渔场所在,自1902年“国际海洋研究会”(International Council for the Study of the Sea)在丹麦的哥本哈根成立以来,英国、挪威、丹麦等国,在这一海区已进行了长达几十年的调查,对于北海及其邻近诸海如挪威海等的海洋情况,有了比较清楚的了解,其文献多不胜数,“Jour. du Conseil”几十年来所刊出的论文,主要即是关于这一海区的。

“Atlantis”号自1931年起,在湾流区域进行了多年的深入调查。Iselin<sup>[49]</sup>在“北大西洋西部环流的研究”这一论著中,综合了当时所有的资料,对湾流的水文情况作了极详细的分析,为近年来对湾流深入研究并收到巨大成果奠定了良好的基础。Iselin详细地描述了湾流区域的温、盐分布和水团结构,并计算了湾流在2,000米水层以内的总流量<sup>[50]</sup>。

后来,首先是由于BT的广泛应用,湾流的“微观结构”得到了阐明<sup>[44,51]</sup>,同时还证实了Church<sup>[33]</sup>早日提出的有关湾流位置并非固定不变,流綫也非一条直线这一结论的正确性。Fuglister及Worthington进一步指出,湾流位置的变动,并非湾流整体的位移,而只是其流綫呈“弯曲”而已。1950年的多船同步观测资料,首先证实了这类弯曲的存在。Fuglister及Worthington的分析结果还指出上述调查区域的西部有两个向东移动的弯曲,而在东部则有一个近乎闭合的涡漩。

应该特别指出:Stommel“湾流”<sup>[59]</sup>一书,是对该区域以往调查的高度总结和创造性的发挥。

在最近国际地球物理年间,英国“Discovery II”号和美国“Crawfore”号在大西洋所得的调查结果,经与当年“Meteor”号的调查结果比较<sup>[34]</sup>,发现温、盐度值与30年(1926—1927)前的几乎没有变化,而仅是溶解氧含量稍有降低而已。这一事实说明了,就平均情况讲,大洋的水文分布又是相当稳定的。

此外,在地球物理年的调查资料中,又进一步探明了挪威海深层水的来源问题,并且认为挪威海与格陵兰海底层水之间殊少联系。苏联调查船在大西洋的调查,也获得了很多有关大西洋洋流在不同季节的资料,以及有关北极冰分布的资料。1957—1958年,苏联在波罗的海的观测,又确定了波罗的海盐度减小周期的起点<sup>[15]</sup>。

继美国科学家1951年在太平洋赤道区域发现次表层逆流(Cromwell Current)之后,苏联科学家也于1961年3—5月间在大西洋赤道区域发现了类似的深层逆流。这股巨大的逆流位在几百米深层,自西向东横贯大西洋,流速达每小时3公里以上,并随着深度而趋减小。这股逆流已被命名为“罗蒙诺索夫赤道深水逆流”。

3. 印度洋 印度洋是世界大洋中研究得最少的一个区域。在本世纪五十年代以前,调查船在印度洋工作的次数不多,范围又小,而研究成果发表得更少。

前面已经提到的Schott“太平洋和印度洋的地理学”<sup>[55]</sup>一书,仍不失为印度洋水文情况的一个良好概括。



最近几年来,印度洋逐漸得到人們的重視,首先是苏联“勇士”号在地球物理年間开始了印度洋調查,并获得了不少的初步成果。

“勇士”号着重調查了大致在  $10^{\circ}$ — $12^{\circ}$ S 这一区域上、寬达 200 哩的水团分界面。研究指出<sup>[27]</sup>,这个分界面是分隔印度洋南北两部的一大障壁,对整个印度洋的海况都有显著的作用。印度洋南北两部的的水交換主要发生在西部的馬达加斯加海区,在这海区的很大深度上仍有水交換。根据印度洋南北两部水文情况的比較,印度洋至少存在着两类水团(“印度洋赤道水”和“阿拉伯海水”)。“勇士”号在印度洋赤道区域的調查,获得了有关赤道海流及逆流結構的新資料。調查表明,在冬季季风期間,在阿拉伯海海水大多东流,运动方向与风向相反。資料还表明:南赤道海流并非一股寬大的均匀流动,实际上是一个具有付鋒的复式大尺度涡漩。

通过“国际地球物理的合作”調查,可以預期,在印度洋的研究中将会获得丰富的成果。

4. 北极海区 远从第一屆极年(1882—1883)开始,对北极海区已进行了多次規模較大的調查。現在在北极海区,苏联設有 9 个浮冰站和自动水文气象站,以及若干高緯度高空調查組,美国也設有 4 个浮冰站;此外,并經常有潛水艇和飞机进行海洋要素,特别是海水的觀測。这些浮冰站已經获得了大量的北极海区的海洋学資料。其中應該特別指出的是苏联“北极-2”号浮冰站,它于 1950—1954 年間发现并詳細勘测了橫貫北极海区的罗蒙諾索夫海岭。

調查資料的研究結果指出<sup>[11]</sup>,北极海区可以分为北极表层水、次表层太平洋暖水、中层大西洋暖水和底层冷水 4 个水团。温盐度的年变化很小,变化較显著的在 0—10 米水层內。

北极海区的海流,除了从太平洋、大西洋流入的海流和欧美大陆径流入海形成的海流以外,主要是受北极海区上空风力的影响。表层流大都是从东向西流入大西洋,其流速流向随着季节而变化,流速是冬強夏弱。

北极海区的浮冰,主要受表面流和风的控制。浮冰的总漂移方向是通过斯匹次卑尔根和格陵兰島之間的海峽流入大西洋。而在北极海区的东部,則出現封閉性的浮冰环流。

北极海有明显的潮汐現象,潮汐振幅随着浮冰复盖的数量而有变化,潮流較小,最大不超过 7 厘米/秒。

5. 南极海区 南极海区是这次国际地球物理年海洋調查研究的重点之一。但在此以前,关于这一海区的調查,却进行得不多。可以提出的有:早期 Deacon<sup>[36]</sup> 根据“Discovery”号的調查結果,指出了南极海区边缘深层水的“热不对称性”和两个輻聚带的位置;Sverdrup<sup>[63]</sup> 綜合 Deacon、Wüst 等的研究成果,得出了南极海区的环流模式。最近苏联的南极調查<sup>[19]</sup>,更进一步深入地調查了这些特征区域。根据国际地球物理年的調查資料得知<sup>[12]</sup>,南极海区的波高可以达到很大的高度,如在 Мокуюрис 島附近,当西风风速达 30 米/秒时,最大波高可达 15 米,波长为 150 米,周期为 12 秒。在罗斯海的西北海区,暴风时期最大波高达 16—17 米,而波长則为 80—90 米。这些現象說明,南极海区的风浪特性是波陡大,有时甚至大于 1/10。南极水域中的海流具有风海流的性質,在沿岸附近的航海层內,流速約 2.0—2.5 节,而在 200 米的深层上,則不超过 0.5—0.8 节。流向受风的影响很大,觀測資料指出,表层流流向自西向东,且較稳定。

## 参 考 文 献

- [1] 赫崇本、曾呈奎, 1960. 海洋学的发展与现状. (内部刊物).
- [2] 格林, А., 1961. 向海洋深处进军. 地理, 1961年(5): 233—234.
- [3] 须田皖次 (Suda), 1930. 黑潮系海水の組織と其乱流状态に就いて (I), 海洋时报 2 (3): 483—498.
- [4] ———, 1931. 黑潮系海水の組織と其乱流状态に就いて (II). 海洋时报 3 (1): 201—209.
- [5] Авербах, Н. В., 1959. Определение элементов поверхностных морских течений методом радиоактивных индикаторов. *Метеор. и Гидрология* 9: 41—45.
- [6] Баталин, А. М., 1961. Вопросы меандрирования Куроно. *Океанология*, вып. 6: 961—965.
- [7] Белоусов, И. М., 1960. Океанографические исследования СССР по программе МГГ. *Бюллетень океанографической комиссии* 6: 28—30.
- [8] Бреховский, Л. М., Михальцев, И. Е., 1960. Акустика и океанология. *Вестник АН СССР* 1: 28—36.
- [9] Виленский, Я. Г., Глуховский, Б. Х., 1959. Тензометрический судовой волнограф ГМ—16. *Тр. государственного океанографического института* 47: 48—73.
- [10] Гансой, П. П., Зенкевич, Н. Л., Сергеев, И. В., Удинцев, Г. Б., 1959. Максимальные глубины Мирового океана. *Природа* 6: 84—88.
- [11] Гордненко, П. А. и Лактионов, А. Ф., 1960. Главные результаты новейших океанографических исследований в арктическом бассейне. *Изв. АН СССР, сер. геогр.* 5: 22—23.
- [12] Зенне, В. А., 1960. Методика океанографических исследований. *Тр. океанографической комиссии АН СССР* 10 (1): 9—15.
- [13] Козляников, М. В., 1959. Гидрооптические характеристики и методика их определения. *Тр. института океанологии* 35: 3—29.
- [14] Колесников, А. Г., Пантелеев, Н. А., Пыркин, Ю. Г., Петров, В. П., Иванов, В. Н., 1958. Аппаратура и методика регистрации турбулентных микропульсаций температуры и скорости течения в море. *Изв. АН СССР, сер. геофиз.* 3: 405—413.
- [15] Корт, В. Г., 1960. К итогам МГГ. (Океанология) *Информационный бюллетень МГГ, АН СССР* 8: 26—34.
- [16] Лагутин, Б. Л. и Сысоев, Н. Н., 1960. Конференции по вопросам океанографической комиссии при президиуме АН СССР. *Бюллетень океанографической комиссии, АН СССР* 4: 10—12.
- [17] Ленц, Э. Х., 1950. Физические наблюдения, произведенные во время кругосветного путешествия под командованием О. Коцебу в 1823—1826 гг. М., АН СССР.
- [18] Леонов, А. К., 1960. Региональная океанология, часть 1. Гидрометеиздат. 765с.
- [19] Максимов, И. В., 1961. Южный океан и Антарктика. *Океанология, АН СССР* 4: 577—591.
- [20] Морской Атлас, 11, ГУ ВМФ, 1953.
- [21] Мунтян, В. М., 1961. Рабочая группа по индийскому океану специального комитета по океаническим исследованиям. *Океанология, АН СССР* 1: 178—179.
- [22] Муромцев, А. М., 1958. Основные черты гидрологии тихоого океана. Гидрометеорологическое изд-во, Л., 623с. ИЛЛ.
- [23] ———, 1959. Основные черты гидрологии индийского океана. Гидрометеиздат, Л., 436с., ИЛЛ.
- [24] Олчи-Оглу, Н. Н., 1961. Характеристики некоторых иностранных исследовательских судов и их оборудования. *Океанология, АН СССР* 4: 763—769.
- [25] Плахотняк, А. Ф., 1961. История изучения океанов и морей. *Тр. института истории естествознания и техники, АН СССР* 37: 52—80.
- [26] Снежинский, В. А., 1954. Практическая океанология. Гидрометеиздат, Л., 671с.
- [27] Сузюмов, Е. М., 1961. Изучение мирового океана. *Вестн. АН СССР* 3: 67—77.
- [28] Сысоев, Н. Н., 1960. Разработка и совершенствование океанографических приборов в институте океанологии АН СССР. *Бюллетень океанографической комиссии, АН СССР* 4: 34—36.
- [29] ———, 1960. Экспедиция на э/с “Витязь” в северную часть тихоого океана 29-й рейс. *Бюллетень океанографической комиссии, АН СССР* 6: 31—36.
- [30] Шехбагов, Б. В., 1961. Конструкция и характеристика электробатитермозондов типа “ЭБТЗ”. *Труды института океанол.* 47: 125—134.
- [31] Arx, W. S. Von, 1950. An electromagnetic method for measuring the velocities of ocean currents from

- a ship underway. *Mass. Inst. Technol. Meteorol. Papers* 11(3): 1—62.
- [32] Bruns, Erich., 1958. *Ozeanologie*. Band. 1. Veb. Deutscher Verlag Der Wissenschaften Berlin, 420pp.
- [33] Bushor, W. E., Walff, M. F., 1960. Electronics probes nature. *Electronics* 33 (31): 78—83.
- [34] *Bulletin of American Meteorological Society*, 1958. Notes on the International Geophysical Year. (IGY Oceanography). 39(3): 165—166.
- [35] Church, P. E., 1937. Temperatures of the Western North Atlantic from thermograph records. *Assoc. d'Oceanogr. Phys., Union Geod. et Geophys. Internat., Publ. Sci.* 4: 1—32.
- [36] Deacon, G., 1937. The Hydrography of the Southern Ocean. *Discovery Reports* 15: 1—124.
- [37] Defant A., 1936. Die Troposphere. Deutsche Atlantische Exped. Meteor. 1925—27. *Wiss. Eug.*, Bd. VI, Teil 1, 3 Lief. pp. 289—411.
- [38] ———, 1941. Die absolute Topographie des physikalischen Meeresniveaus und der Druckflächen, sowie die Wasserbewegungen im Atlantischen Ozean. Deutsche Atlantische Exped. Meteor. 1925—1927, *Wiss. Erg.*, Bd. VI, Teil 2, 5 Lief., pp. 191—260.
- [39] Ekman, V. W., 1905. Kurze Beschreibung einer Propellerstrommesser. *Conseil Perm. internal. p. l'Explor. de lamer, Pub. de Circoconstance* 24: 4.
- [40] ———, 1932. An improved type of current meter. *Conseil Perm. internal. p. l'Explor. de lamer, Jour. du conseil* 7: 3—10.
- [41] Forch, C., Martin Kundsén, and S. P. L. Sörensen., 1902. Berichte über die Konstantenbestimmungen Zur Aufstellung der hydrographischen Tabellen. D. Kgl. Danske Vidensk. Selsk. skrifter, 6. Raekke, Natruvidensk. og mathem. 12(1): 151.
- [42] Fuglister, F. C., 1955. Alternative analyses of current Surveys. *Deep-Sea res.* 2: 213—219.
- [43] ———, 1960. Atlantic ocean atlas of temperature and salinity profiles and data from the International Geophysical Year of 1957—1958. Ed. Woods Hole, Mass., the Woods Hole Oceanogr. Inst., 209pp.
- [44] Fuglister, F. C., and L. V. Worthington., 1951. Some results of a multiple ship survey of the Gulf Stream. *Tellus* 3: 1—14.
- [45] Fukuoka, J., 1958. The variations of the Kuroshio current in the sea south and east of Honchu. *Oceanogr. Mag.* 10: 201—213.
- [46] Hamon, B. V., Brown, N. L., 1958. A temperature-chlorinity-depth recorder for use at sea. *J., Scient. Instrum.* 35(12): 452—458.
- [47] Hidaka, K. and Yoshida, K., 1958. Physical Oceanography in Japan in the Period 1953—1955. *Geophysical Notes* 11(2): 185—196.
- [48] Ichiye, T., 1955. On the possible origin of the intermediate water in the Kuroshio. *Records of the Oceanogr. Works in Japan* 2(2): 82—89.
- [49] Iselin, C. O'D., 1936. A study of the circulation of the Western North Atlantic. *Papers in physical Oceanogr. and Meteorol.* 4(4): 1—101.
- [50] ———, 1940. Preliminary report on long-period variations in the transport of the Gulf Stream System. *Papers in Physical Oceanogr. and Meteor.* 8(1): 40.
- [51] Iselin, C. O'D, and F. C. Fuglister., 1948. Some recent developments in the study of the Gulf Stream. *Jour. Mar. Res.* 7: 317—329.
- [52] Knauss, John A., 1960. Measurements of the Cromwell Current. *Deep-Sea Research* 6: 265—286.
- [53] Malkus, W. V. R., 1953. A recording bathythermometer. *Jour. Mar. Res.* 12: 51—59.
- [54] Masuzava, J., 1955. Preliminary report on the Kuroshio in the Eastern Sea of Japan (Currents and Water Masses of the Kuroshio System III). *Rec. Oceanogr. Works in Japan* 2(2): 132—140.
- [55] Schott, Gerhard., 1935. *Geographie des Indischen und Stillen Ozeans*. Hambrug, Verlag von C. Boyesen. 413 pp.
- [56] Soule, F. M., 1932. Oceanographic instruments and methods. *Bull. Nat. Res. Comm. Amer. Nat. Acag. Sce.* 85: 418.
- [57] Spilhaus, A. F., 1937. A bathythermograph. *J. Mar. Res.* 1: 95.
- [58] Stommel, Von Arx, Parson A. Richardson., 1953. Rapid aerial survey of Gulf Stream with camera and radiation thermometer. *Science* 117(3049): 639—640.
- [59] Stommel, Henry., 1958. *The Gulf Stream*. University of California Press. 202 pp.
- [60] Suda, K. and Hidaka, K., 1932. The results of oceanographic observations on the board R, M. S. "Syunpu Maru" in the principal part of the Japan Sea in the summer of 1930. *Jour. Oceanography* 4: 1—174.
- [61] Sverdrup, H. U., 1933. Narrative and oceanography of the Nautilus Expedition, 1931. *Papers in*

- physical Oceanogr. and Meteorol.* 2(1): 63.
- [62] Sverdrup, H. U., and R. H. Fleming, 1941. The waters off the coast of Southern California, March to July, 1937. *Scripps Inst. Oceanogr., Bull.* 4(10): 261—378.
- [63] Sverdrup, H. U. M. W. Johnson and R. H. Fleming., 1946. The Oceans. Prentice-hall, INC. N. Y. 1087 pp.
- [64] Swallow, J. C., 1955. A neutral buoyancy float for measuring deep Current. *Deep-sea Research* 3(1): 93—104.
- [65] ———, 1957. Some further deep current measurements using neutrally-buoyant floats. *Deep-Sea Research* 4: 99—104.
- [66] Swallow, J. C. and Worthington L. V., 1961. An observation of a deep countercurrent in the Western North Atlantic. *Deep-Sea Research* 8: 1—19.
- [67] Uda, M., 1938. Research on "Siome" of current rip in the seas and oceans. *Geophys. Mag.* 11 (4): 307—372.
- [68] ———, 1938. Hydrographical fluctuation in the northeastern Searegion adjacent to Japan of North Pacific Ocean. *Japan, Imper. Fisheries Exper. Sta., Jour.* 9: 64—85.
- [69] ———, 1949. On the correlated fluctuation of the Kuroshio Current and the cold water mass. *Oceanogr. Mag.* 1(1): 1—12.
- [70] ———, 1955. Research on the fluctuation of the North Pacific circulation. *Rec. Oceanogr. Works in Jap.* 2(2): 43—55.
- [71] Wüst, G., 1929. Schichtung und Tiefenzirkulation des Pazifischen Ozeans. Institut f. Meereskunde, N. F. A. Geogr.-naturwiss. Reihe, Heft 20, 63 pp.
- [72] ———, 1936. Kuroshio und Golfstrom. Institut f. Meereskunde, Veröff., N. F., A Geogr.-naturwiss. Reihe, Heft 29, 69pp.